

SAGA-LS - IMRAM symposium 2012, Sendai
多元物質とシンクロトロン放射光が紡ぎ出すイノベーション

東北大学 多元物質科学研究所
IMRAM
INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

Since 2001

Tohoku University, Katahira Campus, Sendai, Japan

東北大学 多元物質科学研究所
IMRAM
INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

多元研紹介

所長 河村純一

多元物質科学研究所の前史 (概要p2)

- 1941年 3月 勅令第268号(官制)により選鉱製錬研究所設置
- 1943年 1月 勅令第54号(官制)により科学計測研究所設置
- 1944年 1月 勅令第7号(官制)により非水溶液化学研究所設置
- 1949年 5月 国立学校設置法により選鉱製錬研究所、科学計測研究所、非水溶液化学研究所は、それぞれ東北大学附属研究所となる。
- 1991年 4月 国立大学設置法の改正により、非水溶液化学研究所は反応化学研究所に改組
- 1992年 4月 国立大学設置法の改正により、選鉱製錬研究所は素材工学研究所に改組
- 2001年 4月 国立大学設置法の改正により、素材工学研究所と科学計測研究所と反応化学研究所を再編統合し、多元物質科学研究所設置

設立理念: 異分野融合研究を積極的に進め、物質・材料分野の既存概念を一変させるような新たな物質科学技術、すなわち「多元物質科学の研究」を創製・展開し、この分野のハイオニアのかつ国際的研究拠点となる

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials
Tohoku University

東北大学 多元物質科学研究所

社会還元

2001年

早稲田所長 → 中西所長 → 齋藤所長 → 河村

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials
Tohoku University

東北大学 多元物質科学研究所

2010年4月より
第二期中期目標中期計画期間

新組織:
4研究部門 + 4研究センター

ネットワーク型
全国共同利用・共同研究拠点

新しい組織への再編

平成22年4月より、所内組織を全面的に再編した

目的
社会的課題にこたえる戦略的研究と基盤的研究との有機的な連携による組織体制の整備

重点研究センター
(社会的要請に即応した戦略的研究)

1. サステナブル理工学研究センター(6)
2. 先端計測開発センター(4)
3. 高分子・ハイブリッド材料研究センター(6)
4. 窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター(4)

基盤研究部門
(長期的に重要な基盤的研究)

1. 有機・生命科学研究部門(7)
2. 無機材料研究部門(7)
3. プロセスシステム工学研究部門(7)
4. 計測研究部門(7)

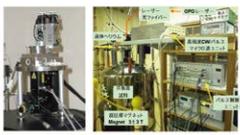
※定期的な研究組織の見直しを行う
窒化物ナノ・エレクトロニクス材料探索研究センター (平成24.4)

長期的・基盤的研究部門と 時代即応的・課題解決型 重点研究センターの連携

東北大学・多元物質科学研究所

計測研究部門

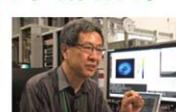
研究室開発の装置と先端研究



- ・電子分子動力学(上田 潔研) 気体(光電子分光・各種レーザー分光)
- ・量子電子科学(高橋正彦研) 気体(電子運動量分光・多次元計測)
- ・量子ビーム計測(百生敦研) 固体・液体・生物(X線位相計測)
- ・分光化学(山内清語研) 液体・固体(電子スピン共鳴: ESR)
- ・ナノ界面化学(栗原和枝研) 固・液界面(表面力・ズリカ測定)
- ・表面物理プロセス(高桑雄二研) 固体表面(電子回折・光電子分光)
- ・構造材料物性(野田幸男研) 固体(極限下のX線・中性子回折)
- ・量子光エレクトロニクス研究分野(秩父重英研) 固体(半導体・レーザー分光)

13

23 学びサイエンス 2011年12月1日 | 第238号 | 電子分子動力学研究分野 上田研究室



電子分子動力学研究分野 上田研究室

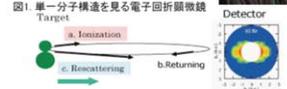


図1. 単一分子構造を見る電子回折顕微鏡

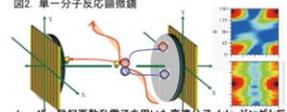


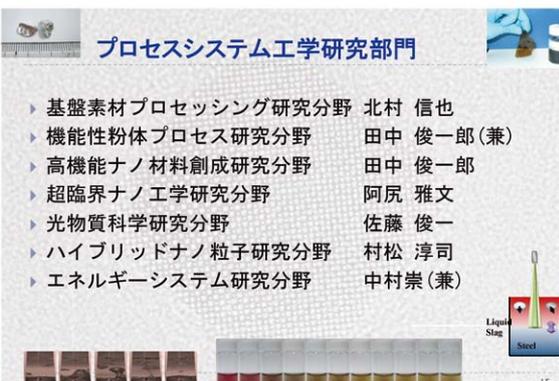
図2. 単一分子反応顕微鏡

レーザー励起再散乱電子を用いた高速分子イメージングと反応顕微鏡(図1)…… X線自由電子レーザーを用いた高速分子イメージングと反応顕微鏡(図2)…… 分子イメージングと反応顕微鏡のための荷電粒子分光法・同時計測法の開発(図2)

14

プロセスシステム工学研究部門

- ▶ 基盤素材プロセス研究分野 北村 信也
- ▶ 機能性粉体プロセス研究分野 田中 俊一郎(兼)
- ▶ 高性能ナノ材料創成研究分野 田中 俊一郎
- ▶ 超臨界ナノ工学研究分野 阿尻 雅文
- ▶ 光物質科学研究分野 佐藤 俊一
- ▶ ハイブリッドナノ粒子研究分野 村松 淳司
- ▶ エネルギーシステム研究分野 中村崇(兼)



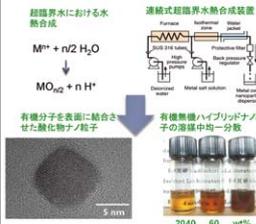
15

超臨界水熱合成法による有機無機ハイブリッドナノ粒子の合成

超臨界ナノ工学研究分野 阿尻研究室 (WPI)

超臨界水を反応場として有機無機ハイブリッドナノ粒子を合成し、電磁・光学材料、医療分野応用等、幅広い分野での新規複合ナノ材料の創製を行う

- 超臨界水熱合成法による有機無機ハイブリッドナノ粒子の合成
- 有機無機ハイブリッドナノ粒子と他材料との複合化



超臨界水における水熱合成: $M^{n+} + n/2 H_2O$, $MO_x + n H^+$

有機分子を表面に結合させた無機ナノ粒子

有機無機ハイブリッドナノ粒子の溶液中均一分散

磁性ナノ粒子を分散させたポリマー材料の合成

ナノ粒子表面への有機分子の複合化で、溶液中に高分散する無機ナノ粒子の合成に成功

ポリマー材料との複合化により、従来には存在しない新規複合ナノ材料を実現

16

先端計測開発センター

Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy

- 電子線干渉計測研究分野(進藤研究室)
- 走査プローブ計測技術研究分野(米田研究室)
- ビエノ駆動探針ホルダ
- 極低温STM-ESR装置
- 軟X線分光装置
- 電子回折・分光計測研究分野(寺内研究室)
- 透過型軟X線顕微鏡
- 軟X線顕微鏡計測研究分野(柳原研究室)

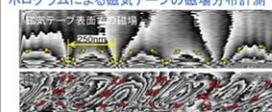


17

研究成果例

進藤研

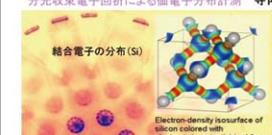
ホログラムによる磁気テープの磁場分布計測



Reconstructed phase image of a cross section of magnetic tape showing magnetic flux distributions outside (yellow) and inside (red).

寺内研

分光収束電子回折による価電子分布計測

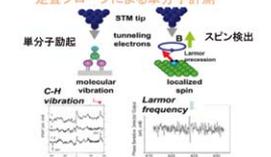


結合電子の分布(Si)

Electron density (isurface) of silicon colored with electrostatic potential (red for lowest and blue for highest).

米田研

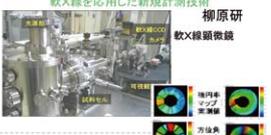
走査プローブによる単分子計測



単分子励起: tunneling electrons, molecular vibration, C-H vibration, Larmor frequency, localized spin, スピン検出

柳原研

軟X線を応用した新規計測技術



軟X線顕微鏡

偏光を利用した光記録再生技術

18

サステナブル理工学研究センター

エネルギー・環境・資源・循環

ANEZAWA Lab

雨澤 浩史 教授
八代 圭司 准教授

電気自動車、電力発電、太陽光発電

HONMA Lab

本間 裕 教授
宇根 高 准教授
吉原 高明 准教授

燃料電池、二次電池等の革新的エネルギー技術を開発し、地球温暖化対策のイノベーションを創出。

KAWAMURA Lab

河村 純一 教授
武野 幸雄 助教
桑田 直明 助教
高橋 純一 助教

エネルギー・環境・資源・循環

ARIYAMA Lab

有山 達郎 教授
井上 亮 准教授
植田 滋 准教授

環境・資源・循環

NAKAMURA Lab

中村 崇 教授
柴田 悦郎 准教授
飯塚 淳 助教

環境・資源・循環

エネルギーデバイス化学研究分野 本間研究室

本研究分野では、21世紀の科学技術が取り組む最重要課題である地球持続技術・循環型社会の構築のために再生可能エネルギー技術のフロンティア開拓を行う。新デバイス・新材料開発を中心に、太陽電池、燃料電池、二次電池等の革新的エネルギー技術を開発し、地球温暖化対策のイノベーションを創出。

主に機能性材料を中心として温暖化対策のキーテクノロジー（電気自動車、電力発電、太陽光発電）である高性能蓄電池・燃料電池、太陽電池等のエネルギーデバイスの基礎研究を行う。これらの革新的エネルギー技術に資する新材料であるグラフェン、ナノ結晶電極、表面修飾技術、プラズマ・超臨界技術の開発を中心として高エネルギー密度が狙える空気電池、燃料電池など次世代エネルギー変換デバイスの設計に取り組んでいる。

電気自動車

太陽光発電

風力発電

期待される再生可能エネルギー技術（温暖化対策のキーテクノロジー）

原子層シート電極として注目されているグラフェン、リチウム電池・燃料電池など次世代エネルギー変換デバイスの機能性材料として研究を行う。



東北大、レアメタルフリーの有機正極材料を用いたリチウムイオン電池を開発 2012年6月14日

レアメタルフリーの有機正極材料を用いた新タイプの高エネルギー密度型リチウムイオン電池の開発に成功。
「Scientific Reports」に掲載の予定。

高分子・ハイブリッド材料研究センター

POLYMER-HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER

Carbonated mesoporous silica film

自己組織化ハニカム構造フィルム

高分子ハイブリッドナノ材料研究分野 宮下研究室

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 京谷研究室

ハイブリッド材料創製研究分野 芥川研究室

光機能材料化学研究分野 中川研究室

有機ハイブリッドナノ結晶材料研究分野 及川研究室

自己組織化高分子ナノ材料研究分野 下村研究室



ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 京谷研究室

京谷 隆 教授
西原 洋知 准教授
千川 康人 助教

Carbon-coated mesoporous silica film

before coating

after coating

porous electrode film

enzymatic electrode for biosensor

Thin carbon layer (compressed only) on graphite sheets

材料合成の反応場をナノメートルレベルで制御することでカーボン材料をはじめとする様々な新しい有機材料とその複合体の開発を行っています。これまでに、直径と長さが一様であるカーボンナノチューブ、ゼライトのような規則正しい細孔構造と世界最大の比表面積をもつゼオライト（沸石）といったユニークなナノカーボンの合成に世界を先駆けて成功しているほか、メソポーラスシリカなど無機多孔体の細孔表面をグラフトコートすることで完璧に制御する技術を開発するなど、メソポーラス分野で世界をリードした研究開発を進めています。

均一なナノ空間を反応場としたハイブリッドナノカーボンの合成

Electrode of zeolite-templated carbon for high-performance electric double layer capacitor (EDLC)

Application of carbon nanotube for gene delivery

新機能無機物質探索研究センター (H24年4月発足)

本研究センターは、多元的新規無機物質の探索と創製を目指し、環境環境技術とソフト化学技術を駆使した創製・製造法の開発と新コンセプトに基づく物質機能探索・探査を行うと共に、それら新規無機物質を用いた高性能触媒、次世代発光材料、エネルギー変換材料などの産業応用を進める事を目的とする。

- ①ゾルゲル法によるセラミックスのバネ構造の創製(京谷研究室)
セラミックスのバネ構造を「層状構造」に創製することによる機械的強度の向上が期待されている。本研究では、高温水や水溶液を用いたゾルゲル法によるセラミックスの創製に、柔軟な反応条件でセラミックスの創製・焼結化の制御を行う。環境・エネルギーの次世代発光材料・触媒材料に資する機能性セラミックス材料の探索・創製に関する研究を展開している。
- ②活性反応場を利用した多元素複合化合物の合成(及川研究室)
多元素の複合化合物からなる無機化合物には未開拓の物質群が数多く存在し、既知の材料にない特性を持つ物質の発見が期待されている。当研究室では、金属ナトリウムなどの金属元素を活性反応場とする新たな合成法を開発し、従来では合成が困難な化合物の創製や結晶、多孔体など様々な形態の無機材料合成とセラミックス新素材の開発に取り組んでいる。
- ③層状無機物質の創製と新コンセプトに基づく金属材料の創製(中川研究室)
導電性は、導電性由来する興味深い性質が期待されている新しい無機物質である。当研究室では、新しい導電性化合物の合成、導電性の構造解析およびその機能性な新規物質の探索・創製と新規物質としての新規用途や中核部品創製に関する研究を展開している。
- ④藍銅(二ヒスティア)を基とした新規発光体の開発(宮下研究室)
天然に存在する藍銅の発光は顕大であるが、機能性物質としての探索は遅れている。当研究室では、藍銅に人工入射光トラップ機構を構築し、溶液法創製法を応用することにより、白色LEDの発光材料など、新しい発光体の開発を行っている。

東北大学多元物質科学研究所・新機能無機物質探索研究センター所属教授

佐藤 隆 教授
山根 貴典 教授
成 亮 教授
堀江 久 教授

環境環境技術
環境・資源・循環
化学・材料
物理・材料

環境環境技術
環境・資源・循環
化学・材料
物理・材料

環境環境技術
環境・資源・循環
化学・材料
物理・材料

溶液法によるナノフォトセラミックスの創製

東北大学多元研・垣花グループ

光触媒や蛍光体に代表されるナノフォトセラミックスを研究対象とし、溶液法を用いた高機能化を目指すと共に、新しい光機能物質の探索を行う

水溶液グリーンプロセスによるナノフォトセラミックスの合成と高機能化

新規水溶性チタン錯体

水溶性グリーンプロセス

ルチル型TiO₂

フォトセラミックス

Pu/SrTiO₃:Rh

500 nm

水溶液グリーンプロセスによる高活性光触媒系ナノフォトセラミックスの開発

溶液並列合成法による新規ナノフォトセラミックスの探索と高度機能開拓

各金属水溶液

クエン酸

プロピレングリコール

組成ライブラリー

水溶液グリーンプロセスによる並列合成

ゲル形成体

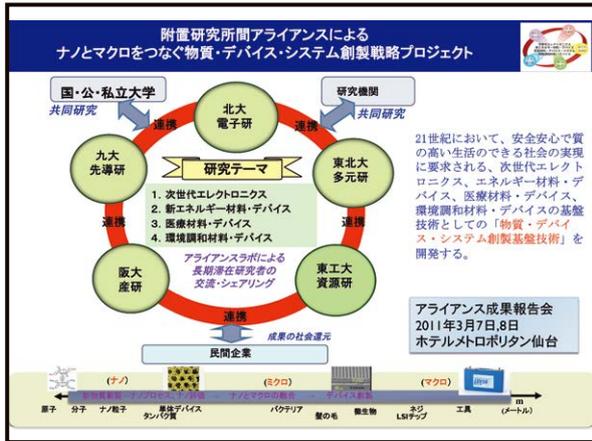
励起400nm

新規蛍光体

並列合成による新規フォトセラミックスの迅速スクリーニング：次世代照明用蛍光体の開発

水を溶媒とする低環境負荷グリーンプロセスによる高活性光触媒系ナノフォトセラミックスの開発

並列合成による新規フォトセラミックスの迅速スクリーニング：次世代照明用蛍光体の開発



その他の活動

グローバル30、低炭素研究ネットワーク拠点
レアメタル・グリーンマテリアル拠点、東北大学産学連携材料研究開発拠点

Future Global Leadership at Tohoku University

Global 30 Project: Future Global Leadership

理学部化学科先端物質科学コース

多元研の関係教員
清水教授、山内教授、齋藤(正)教授、及川教授、上田教授、米田教授、永次教授、和田教授、金原教授、高橋教授、関連講座の准教授、講師、助教

Izabela Rzeznicka准教授(国際教育院)

2011.10 学生受け入れ開始

東北大学 ナノ界面デバイス融合 研究開発拠点

低炭素研究ネットワーク LOW-CARBON RESEARCH NETWORK JAPAN

Nanointerface Design Technology

ナノ界面デバイス研究拠点は二次電池と低炭素技術の研究開発、ナノ界面設計技術の確立により、高効率二次電池と低炭素技術の実用化の加速を期待します。

ナノテク・低炭素化 材料技術研究会

多元研に事務局
代表: 栗原和枝 教授
コーディネータ: 田邊匡生 准教授

文部科学省 平成21年度第2次補正予算
「成長戦略への布石」である「環境・エネルギー技術への挑戦」

東北大学レアメタル・グリーンイノベーション研究 開発拠点

(平成22年度 先進技術実証 評価設備整備費等補助金) (技術の構築) (拠点整備等)

レアメタル資源の確保

資源開発、精製・選別・分離、リサイクル、自由体、東北大学、企業、コンソーシアム、製品製造、完成品製造、半製品製造、システム開発、実証評価

レアメタル・イノベーション拠点イメージ

青葉山: 工学研究科に建物(549m²)
片平: 多元研素材棟3号館(R施設)改修(993m²)

13年度への

東北大学産学連携材料研究開発拠点

産研連携センター 官製連携技術開発センター 環境低炭素化学プロセス

平成23年度産学連携研究開発施設整備費補助金

「材料と言えど東北大！」世界の共通認識を具現化するマテリアルバレーの形成！

例: 生体材料 体内流体シミュレーション 相乗効果を期待
例: 紡織・複合学 ナノ粒子の分散・固定 相乗効果を期待

運動: ナノテク支援センター

10年先を担う 未来材料の創出

★産学共同スペースの整備
★拠点における産学連携マインドの醸成

都市鉱山からの希少元素の回収・再生技術の高度化による元素循環の実現

（東北大学 金属材料研究所が中心、平成24年度予算額：1,425百万円）の一角

【背景】

- レアメタルやレアアース等の希少元素の供給を輸入に頼る我が国は、世界的な需要の急増や資源国の輸出管理政策により、深刻な供給不足に直面。昨年以降、資源国による輸出枠の大幅削減により、価格が高騰。
- 「リサイクル」は、「海外資源確保」、「代替材料開発」、「資源」と並び、経済産業省において取りまとめられた「レアメタル確保戦略」における4つの柱の一つ。
- 我が国は世界有数の「都市鉱山」（使用済製品に含まれる有用金属を鉱石に見立てたもの）を有する一方、ベースメタルや貴金属に対し、レアメタルを経済的に回収する技術が未確立。

【概要】

- 世界に先駆け、「電子抽」抽出・分離「反応解析」の強固な連携の下、レアメタル等回収・再生技術を支える元素循環に関する科学を確立し、資源問題の解決に貢献。
- （東北地域の企業・積極分野の優れた研究ポテンシャルを最大限活用）
- 内閣府の総合戦略の下、経済産業省、理研等と協働に連携し、成果の実用化を図るとともに、産業界及び社会システムの課題を科学的に深掘りすることで、「3R政策」の推進及び「循環型社会」の形成を牽引。
- 資源問題という地球規模の問題の解決に先導的に取り組むとともに、日本型ビジネスモデルを世界に発信。

平成24年度 科学技術関係予算 重点領域パッケージ

【目標】

- 国際的な資源獲得競争が激化する中、第4期科学技術基本計画で掲げられた「地球規模の問題解決への貢献」の実現に向けて、レアアース等の希少元素の供給リスクに対応し、希少元素の機能・挙動解明に基づき、3022年度までに希土類鉱石からのDy2O3プロセス等回収技術などの希少元素高効率抽出技術を確立する。

希少元素高効率抽出技術の確立に向けたロードマップ

2012	2017	2021
<ul style="list-style-type: none"> 電子化学に立脚した抽出技術構築 溶融塩・イオン液体の物性・構造解明 微量レアメタルの分析手法確立 第3世代レーザー発光分光装置の開発 高効率レアメタル回収技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 細分化・分離の選択性高度化 理論・実験・溶融・反応による細分化・抽出効率を高度化 溶融塩・イオン液体精練のプロセス確立 反応速度論と量子化学の連携 量子化学による入出力の最適化 安定で電力効率が低い装置構築 多ハロゲン溶融塩化物を利用した電解 CuO-Na2O-REOx 系溶融塩化物 目的元素と反応しない装置電極 	<ul style="list-style-type: none"> 新規溶融塩によるレアメタル分離回収技術

37

東北大学 多元物質科学研究所

IMRAM
INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

これから多元研を宜しく願っています。

Tohoku University, Katahira Campus, Sendai, Japan